



## **ESTUDI DE L'ORIGEN DELS CONTAMINANTS A L'AIRE DE BARCELONA EN LA ZONA LIMÍTROFE AMB SANT ADRIÀ DEL BESÒS**

Joan O. Grimalt, Esteban Abad, Barend L. van Drooge, Miquel Adrados i  
Manuela Abalos

Institut de Diagnosi Ambiental i Estudis de l'Aigua (IDAEA-CSIC). Jordi Girona, 18.  
08034-Barcelona

Barcelona, 17 de Desembre del 2018



## ÍNDEX

Introducció	3
Mostratge	9
Resultats i discussió	10
Aire	10
Dioxines en sòls	15
Metalls en sòls	17
Conclusions	19
Bibliografia	20

## INTRODUCCIÓ

Davant de la preocupació generada entre els veïns de Sant Adrià del Besòs i de la zona de Barcelona propera al riu Besòs per les emissions de la incineradora de residus urbans situada devora la desembocadura d'aquest riu s'han fet diversos estudis finançats per l'Ajuntament de Barcelona, l'Àrea Metropolitana de Barcelona i l'Agència de Salut de Barcelona per a conèixer quina és la situació per les emissions d'aquesta incineradora a la zona i comparar-la amb les emissions d'altres fonts, fonamentalment el trànsit.

Per a dissenyar aquest estudi s'han tingut presents els treballs previs del Laboratori de Toxicologia i Salut Ambiental de la Facultat de Medicina de la Universitat Rovira i Virgili liderat pel Prof. José Luís Domingo que en els darrers anys han realitzat diversos estudis sobre aquest tema, Domingo i Nadal (2015) i Domingo et al. (2015; 2017).

Durant l'any 2018 s'han anat fent diverses reunions a l'Agència de Salut, dies 22 Gener, 13 Febrer, 7 Març, 12 Abril, 22 Maig, 26 Juliol, 28 de Setembre (comitè d'experts) i 10 Octubre per dissenyar l'estudi i després fer una supervisió del seu desenvolupament.

El 30 de Gener del 2018 es participà en una reunió amb els veïns a la sala d'actes del Museu Blau per descriure el problema de les dioxines. Els dies 8 de Maig i el 22 d'Octubre es feren reunions amb personal de l'Agència de Salut Pública de Barcelona, districte, Departament de Salut, Ajuntament de Barcelona, de Sant Adrià, Consorci Besòs i veïns i veïnes a la sala d'actes del laboratori municipal per explicar el mostratge dissenyat en el primer cas i els resultats de l'estudi en el segon.

El plantejament general de l'estudi és conèixer l'origen de les dioxines observades anteriorment a la zona, en l'ordre de 18-48 fg/m<sup>3</sup> WHO-TEQ (n = 6) (Domingo et al., 2015; 2017) o de 9-115 fg/m<sup>3</sup> WHO-TEQ (n = 12) Domingo i Nadal (2015). Òbviament, un origen possible era la planta incineradora de residus urbans propera a la desembocadura del riu Besòs i una altra les aportacions del trànsit que és important a la zona per efecte de la ronda litoral. Altres fonts tampoc no es podien descartar.

En un primer plantejament es va proposar fer un mostratge al llarg de tot un any amb preses de mostra mensuals, dues a dos punts de la zona i una en una zona allunyada amb molt de trànsit dins de Barcelona que es prendria de referència. Es proposa utilitzar penells direccionats que controlessin l'aire de manera que es pogués regular la recollida, devegades quan el vent només vingués de la direcció de la incineradora i en altres el contrari, quan aquest no hi vingués. Així es podria controlar millor quin era l'origen de les dioxines a la zona.

En una de les reunions celebrades a l'Agència de Salut en presència del Prof. José Luís Domingo es decidí fer un mostratge més intensiu, no allargat durant un any, sinó amb més punts de mostratge distribuïts al voltant de la zona de la incineradora. D'aquesta manera, el disseny de l'estudi quedà definit així:

a) Cinc punts desplegats en semicircumferència al voltant de la incineradora del Besòs. Aquests punts són edifici del Passeig Garcia Faria, 81; Museu Blau; CAP Besòs; Centre Esportiu La Mina; Escola Catalunya (Figures 1 i 2).

b) un punt al barri de Sant Andreu, en la línia que defineix la via del tren, que per les seves característiques pot acanalar l'aire de les brises des de la zona del Besòs cap a l'interior de Barcelona, i específicament cap aquest barri. Aquest punt és el de la biblioteca Can Fabra (Figures 1 i 2).

c) un punt en una àrea allunyada de la incineradora, que representi el trànsit de la ciutat de Barcelona. Aquest punt és el de la cruïlla entre l'Avinguda Roma i Carrer Urgell on ja hi ha una cabina de la xarxa de vigilància i previsió de la contaminació atmosfèrica (Figures 1 i 2).

En els sis primers punts es col·locà un penell direccional, tal com s'ha indicat anteriorment, per captar aire que només provinguí de la direcció de la incineradora o el contrari. Per evitar efectes locals que modifiquessin la direcció del vent, aquests punts s'han situat al terrat d'edificis, de manera que no hi hagués cap obstacle que pogués modificar els corrents d'aire.

El setè punt, en estar dedicat a mesurar l'efecte del trànsit, no té penell.

Aquest estudi coincidí amb les tasques de manteniment de la planta incineradora, que es produïren de forma independent al desenvolupament del mostratge iniciat. Aquestes tasques comportaren fins i tot l'aturada de la planta. Aquest fet proporcionà una informació addicional sobre les concentracions ambientals de dioxines a la zona perquè permeté comparar períodes de funcionament amb períodes d'aturada.

També es plantejà la necessitat de mostrejar i analitzar el contingut de dioxines i metalls traça en sòls. Els estudis del Laboratori de Toxicologia i Salut Ambiental de la Facultat de Medicina de la Universitat Rovira i Virgili també havien analitzat les dioxines en sòls i es considerà oportú fer aquestes anàlisis per disposar de més dades.

Es decidí agafar mostres de sòls a tots els llocs propers als punts de mostratge d'aire.

Aquest plantejament fou aprovat a les reunions realitzades a l'Agència de Salut de Barcelona i es desenvolupà tal com estava previst (Figures 3-9). A cada punt s'instal·là un equip de mostratge per analitzar les dioxines quan l'aire vingués o no de la zona on es troba la incineradora. L'objectiu del mostrejador de la cruïlla entre l'avinguda de Roma i el Carrer Urgell era disposar d'aire representatiu de les aportacions del trànsit de Barcelona i per tant no tenia penell.

També es recolliren mostres de sòls per a l'anàlisi de dioxines i metalls, com s'havia previst.





FIGURA 1. Mapa dels llocs de mostreig de dioxines en aire i sòls.

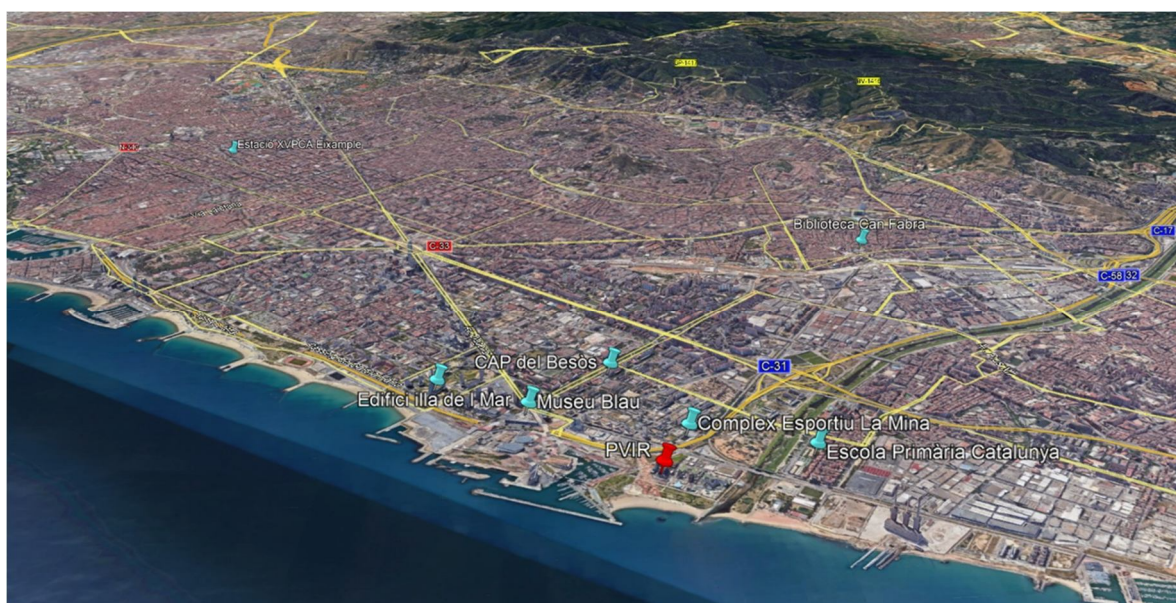


FIGURA 2. Mapa dels llocs de mostreig de dioxines en aire i sòls.





FIGURA 3. Equips instal·lats a la cruïlla entre l'Avinguda de Roma i el Carrer Urgell (Barcelona).



FIGURA 4. Equips instal·lats a l'edifici de la biblioteca Sant Andreu (Barcelona)

C/ Jordi Girona, 18  
08034 Barcelona.  
Tel. 93 400 61 00  
Fax.: 93 204 59 04

idæa





FIGURA 5. Equip instal·lats al sostre del Museu Blau (Barcelona)

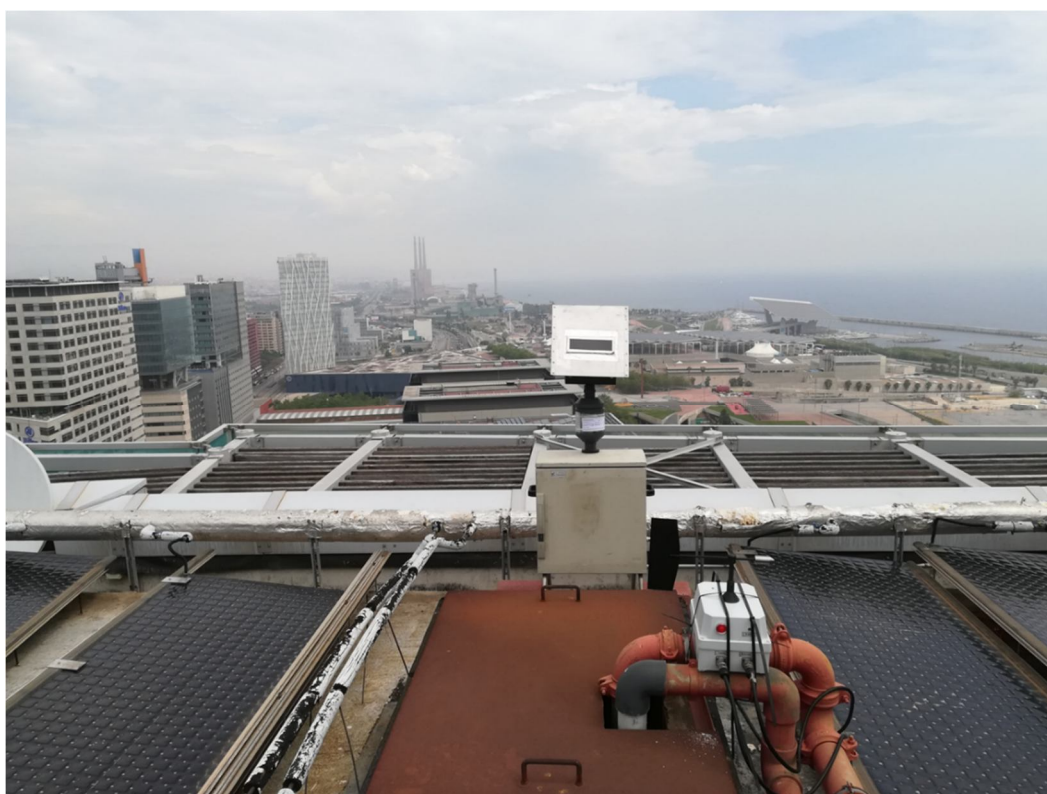


FIGURA 6. Equip instal·lats al sostre d'un edifici del Carrer Garcia Faria (Barcelona)



FIGURA 7. Equips instal·lats al sostre de l'edifici del Centre Esportiu La Mina (Sant Adrià del Besòs).



FIGURA 8. Equips instal·lats al sostre de l'edifici de l'escola d'ensenyament primari Catalunya (Sant Adrià del Besòs).





FIGURA 9. Equips instal·lats al sostre de l'edifici del CAP Besòs (Sant Adrià del Besòs).

## MOSTRATGE

Les mostres d'aire s'obtingueren amb equips d'aspiració d'alt volum. El temps de mostratge fou de 24-48 h per mostra. Es recolliren amb equips que tenen una columna de poliuretà i un filtre de fibra de vidre connectats en sèrie, de manera que es recollí la fracció de partícules i de gas de forma separada. Els extractes d'aquestes dues fraccions es combinaren i s'hi analitzaren les dioxines. Els detalls del mostratge, extracció, tractament de la mostra i anàlisi es descriuen a Parera et al (2018).

Respecte a les mostres de sòls, es recolliren mostres separatament per a anàlisi de dioxines i de metalls. Els mètodes de tractament de la mostra i anàlisi per a dioxines es descriuen a Martínez et al. (2006). Els mètodes de tractament de mostra i anàlisi de metalls es descriuen a Álvarez-Ayuso et al (2008).

Els resultats de les anàlisis de dioxines a les mostres es traslladen a equivalents de toxicitat mitjançant l'escala internacional o de l'Organització Mundial de la Salut,  $\text{fg}/\text{m}^3$  I-TEQ i  $\text{fg}/\text{m}^3$  WHO-TEQ, respectivament. A la Taula 1 es descriuen les equivalències entre un criteri i altre.

Taula 1. Factors d'equivalència tòxica dels congèners de policlorodibenzodioxines i policlorodibenzofurans per als càlculs d'equivalència de toxicitat segons el criteri internacional (I-TEF) i el criteri de la Organització Mundial de la Salut (WHO-TEF).

	WHO-TEFs 2005	I-TEF
2,3,7,8-TCDF	0.1	0.1
<b>1,2,3,7,8-PeCDF</b>	<b>0.03</b>	<b>0.05</b>
<b>2,3,4,7,8-PeCDF</b>	<b>0.3</b>	<b>0.5</b>
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.1	0.1
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.1	0.1
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.1	0.1
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.1	0.1
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.01	0.01
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.01	0.01
<b>OCDF</b>	<b>0.0003</b>	<b>0.001</b>
2,3,7,8-TCDD	1	1
<b>1,2,3,7,8-PeCDD</b>	<b>1</b>	<b>0.5</b>
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.1	0.1
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.1	0.1
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.1	0.1
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.01	0.01
<b>OCDD</b>	<b>0.0003</b>	<b>0.001</b>

## RESULTATS I DISCUSSIÓ

### AIRE

Es feren mostratges a tots els punts en cinc campanyes. El períodes de mostratge foren els següents: 8-16 de Maig, 23-25 de Maig, 29 de Maig a 1 de Juny, 14-18 de Juny i 5-9 de Maig. Els temps de mostratge no foren constants perquè depenien de si el penell connectava o no els equips. A la Taula 2 es descriuen els volums recollits en cada una de les campanyes.

Hi va haver 4 casos en què els equips no funcionaven adequadament: Museu Blau a la campanya del 8 al 16 de Maig i a l'Escola Catalunya durant les campanyes del 23-25 de Maig, 29 de Maig a 1 de Juny, 14-18 de Juny i 5-9 de Maig.



Taula 2. Volums d'aire recollits a cada mostratge. Aquests volums han variat segons fos la direcció del vent durant el període de mostratge perquè els penells estaven direccionats per recollir només aire que vingués directament del lloc on es troba la incineradora. L'estació de la cruïlla entre Avinguda de Roma i Carrer Urgell no tenia penell.

	1a Campanya	2a Campanya	3a Campanya	4a Campanya	5a Campanya
<b>Període captació</b>	08/05 - 16/05	23/05 - 25/05	29/05 - 01/06	14/06 - 18/06	05/07 - 09/07
Barcelona, Edifici García Faria	558.0	1222.7	1793.6	1198.5	1198.7
Barcelona, Museu Blau	30.0	129.3	147.3	197.7	199.3
Barcelona, CAP Besòs	238.0	246.9	290.6	257.8	256.3
Barcelona, Estació Urgell	481.0	722.0	722.0	957.0	957.0
Barcelona, Biblioteca Can Fabra	1039.0	1204.2	1807.9	1188.2	1192.7
St. Adrià, Escola Catalunya	419.0	En reparació	En reparació	577.8	29.3*
St. Adrià, Poliesportiu La Mina	971.0	975.0	973.0	974.0	975.0

\*Les mostres de volum en vermell o les que indica "en reparació" corresponen a problemes amb els equips i es consideren no recollides.

A la Taula 3 es descriuen els resultats de les anàlisis de dioxines. En general, s'han trobat concentracions molt més baixes que les previstes. Per aquest motiu no s'inclouen a la taula els valors corresponents a volums menors de 500 m<sup>3</sup>. Les caselles que estan en blanc corresponen a concentracions per sota el límit de quantificació.

Els valors mitjans trobats a les estacions de Museu Blau i CAP Besòs estan sota límit de detecció. Els valors mitjans a les estacions de García Faria, cruïlla Avd Roma-C/Urgell, Poliesportiu la Mina, Escola Catalunya i Biblioteca Can Fabra són 5.5, 7.5, 5.9 i 6.5 fg/m<sup>3</sup> WHO-TEQ, respectivament. Aquestes unitats es poden comparar amb les trobades en estudis anteriors però recents en la mateixa zona. En l'estudi Domingo et al. (2015) el marge d'unitats trobat fou de 18-41 fg/m<sup>3</sup> WHO-TEQ (n = 3), a l'estudi de Domingo et al. (2017) aquest marge fou 41-48 fg/m<sup>3</sup> WHO-TEQ (n = 3) i en l'estudi Domingo i Nadal (2015) el marge d'unitats trobat fou 9-115 fg/m<sup>3</sup> WHO-TEQ (n = 12).

Les unitats de dioxines trobades en les diferents estacions de mostratges no tenen diferències significatives. És a dir que no hi ha diferència entre les trobades a la cruïlla de l'Avinguda Roma i Carrer Urgell, la trobada a la biblioteca Can Fabre (Sant Andreu) i les trobades a prop de la incineradora del Besòs. Aquesta manca de diferència respon a una falta d'aportació de dioxines de la incineradora que sigui detectable per sobre del fons d'aquests compostos atribuïbles al trànsit.

Taula 3. Unitats de dioxines (en fg/m<sup>3</sup> d'equivalents WHO-TEQ) a les mostres recollides.

	1	2	3	4	5
	08-maig 16-maig	23-maig 25-maig	29-maig 01-juny	14-juny 18-juny	05-jul 09-jul
Museu Blau	X				
Garcia Faria	9.7	4.7	4.5	3.8	4.6
CAP Besos					
Urgell		10	8.0	6.7	5.2
Poliesportiu la Mina	8.5	6.9	4.4	5.3	4.4
Escola Catalunya		X	X	6.4	X
Biblioteca Can					
Fabra	7.9	8.9	4.9	4.7	5.8

Les mostres que tenen una X són les mateixes que s'indiquen a la Taula 2 com a no recollides per problemes tècnics. Les mostres on la casella és en blanc són mostres en que es recollí un volum menor a 500 m<sup>3</sup> i que, donades les unitats tan baixes de dioxines trobades, els valors es troben per sota el límit de detecció.

Taula 4. Unitats de dioxines en l'aire de diverses àrees.

Country	Period	Location type	I-TEQ (fg/m <sup>3</sup> )	Reference
Anshan, China	June 2008–January 2009	Industrial	3–247 (81) <sup>a</sup>	Li et al. <a href="#">2010</a>
Beijing, China	February–December 2006	Urban (ferrous, steel)	18–644 (268)	Li et al. <a href="#">2008a</a>
Hong Kong (urban)	2004–2005	Residential	152 (10–5,791)	Choi et al. <a href="#">2008</a>
		Industrial	102 (7.4–312)	Choi et al. <a href="#">2008</a>
Taizhou		Industrial (electronic waste)	1,100 (200–3,450)	Li et al. <a href="#">2008b</a>
Guangzhou, China	July–September 2004	Urban	57–1279 <sup>b</sup>	Yu et al. <a href="#">2006</a>
Taiwan, China	November 1999–July 2000	Urban	56–348	Chang et al. <a href="#">2003</a>
Hong Kong, China	January–March 2000	Urban Urban	30–430	Sin et al. <a href="#">2002</a>
	June–August		18–25	
Korea	June 2000–March 2001	Urban	169–882	Park and Kim <a href="#">2002</a>
Japan	2002	Urban Urban	66–840	Government of Japan <a href="#">2005</a>
	2003		66–720	
		Urban	83–550	
Houston, USA	September 2002–April 2004	Urban	40–55	Correa et al. <a href="#">2004</a>
Thessaloniki, Greece	March–October 1999	Urban	40–119	Kouimtzi et al. <a href="#">2002</a>
Athens, Greece	July 2000	Urban	42.1	Mandalakis et al. <a href="#">2002</a>
		Background	7.8	
São Paulo, Brazil	2000–2001	Urban	47–751	Assunção de et al. <a href="#">2005</a>
Manchester, UK	February 1998	Urban	26–220	Lohmann et al. <a href="#">2000</a>
Manchester, UK	1991–1994	Urban	86–467	Coleman et al. <a href="#">1997</a>
London, UK	1991–1994	Urban	62–180	Coleman et al. <a href="#">1997</a>
Catalonia	1994–2004	Industrial Traffic	5–1,196 (140)	Abad et al. <a href="#">2007</a>
			10–357 (72)	
		Rural	5–45 (28)	
Tianjin (China)	2008 summer	Urban	9.2–221	Ding et al 2013
Tianjin (China)	2008 summer	Urban	4–380	Ding et al 2003
Rural area (Taiwan)	2009 july			
		Rural	34.8–38.6	Huang et al 2011
Rural area (Taiwan)	2010 January	Rural	79–106	Huang et al 2011



Les unitats trobades són molt baixes. A nivell comparatiu a la Taula 4 es mostren els resultats de les anàlisis de dioxines en aire en llocs diferents. Les unitats de la Taula 3 es troben entre els mínims descrits en els exemples de la Taula 4.

Les unitats mitjanes trobades en aquest estudi també es poden comparar amb les trobades pel Laboratori de Dioxines de l'Institut de Diagnosi Ambiental i Estudis de l'Aigua (IDAEA) en mostres d'immissió a Catalunya durant el període 1994-2015 (Parera et al., 2018; Figura 10). D'acord amb aquest estudi, s'observen unes unitats decreixents de dioxines a tot el país. Dins d'aquesta tendència general, els valors trobats en aquest estudi del 2018 són els més baixos de la sèrie.

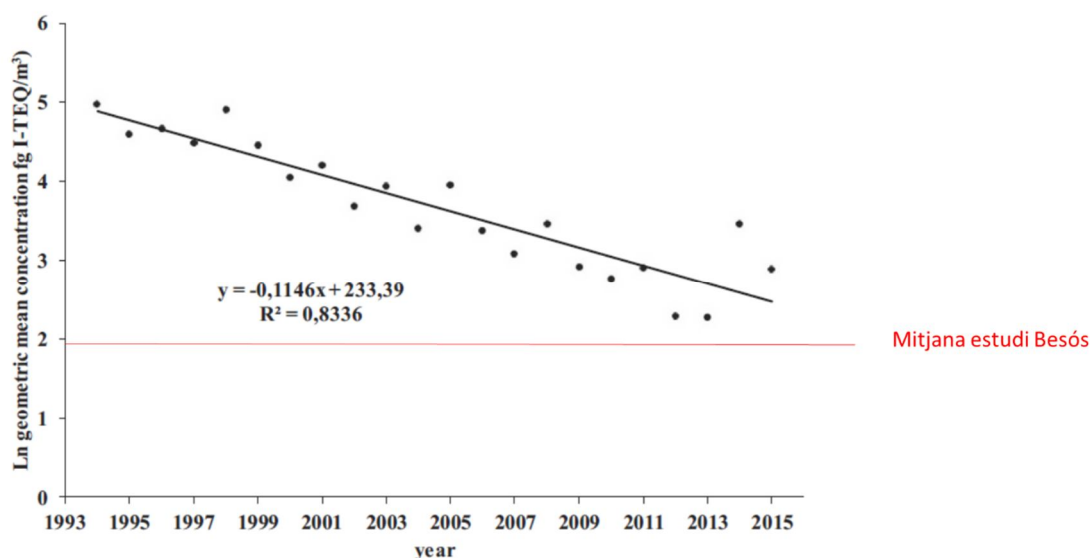


FIGURA 10. Comparació de les unitats mitjanes trobades en les mostres recollides al voltant de la incineradora del Besòs ( $\text{fg}/\text{m}^3$  I-TEQ) amb les unitats mitjanes trobades a Catalunya durant els anys 1994-2015 (Parera et al., 2018)

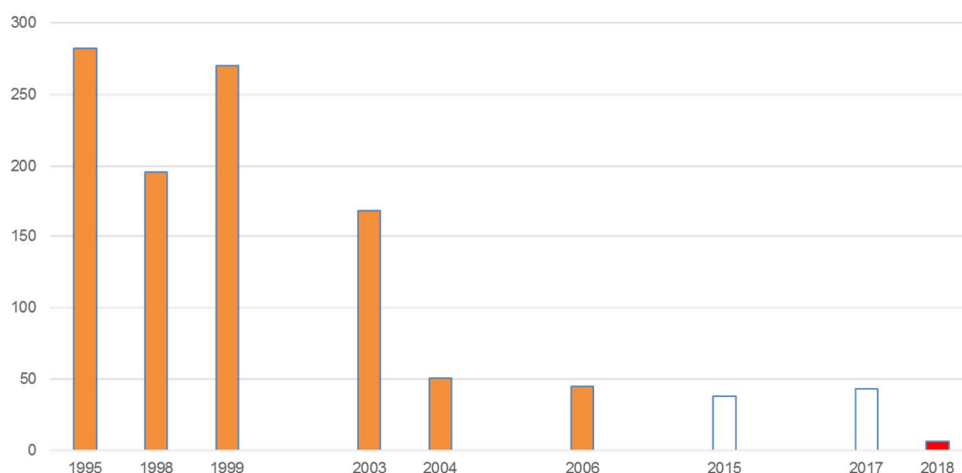


Figura 11. Unitats de dioxines observades en les mostres de l'estació de la xarxa de vigilància de la qualitat de l'aire de Sant Adrià (1995-2006; Lab. CSIC), 2015 i 2017 mitjanes de punts (Domingo et al., 2015; 2017) i 2018 mitjanes de en dos punts de Sant Adrià (2018, aquest estudi).

També es pot fer una altra comparació si s'agafa el registre històric de les anàlisis fetes a l'estació de la xarxa de vigilància de la qualitat de l'aire de Sant Adrià, on s'afegeixen les unitats trobades en els estudis de Domingo et al. (2015; 2017) i les del present estudi (Figura 11). Les unitats trobades el 2018 (estudi present) representen un mínim.

Durant el temps de l'estudi la incineradora del Besòs experimentà diverses fases de funcionament (Taula 4). Aquestes fases fins i tot comportaren una aturada de funcionament per manteniment.

Taula 4. Activitat de la incineradora durant el temps de mostratge.

Data	Activitat
5-12 Maig	dos forns en funcionament
12-15 Maig	aturada
25-28 Maig	1 forn en funcionament
28 Maig-4 Juny	2 forns en funcionament
4 Juny endavant	ple rendiment

Aquesta circumstància proporciona informació addicional sobre el possible impacte de les emissions de dioxines de la incineradora en els valors d'immissió a la zona del Besòs i a la ciutat de Barcelona en general.

Taula 5. Comparació entre les unitats trobades en els mostratges i l'activitat a la incineradora de residus urbans. Unitats fg/m<sup>3</sup> WHO-TEQ

	1	2	3	4	5
	08-maig 16-maig	23-maig 25-maig	29-maig 01-juny	14-juny 18-juny	05-jul 09-jul
Museu Blau	X				
Garcia Faria	9.7	4.7	4.5	3.8	4.6
CAP Besos					
Urgell		10	8.0	6.7	5.2
Poliesportiu la Mina	8.5	6.9	4.4	5.3	4.4
Escola Catalunya		X	X	6.4	X
Biblioteca Can Fabra	7.9	8.9	4.9	4.7	5.8

Activitat incineradora

Període amb dos forns i aturada. Període aturada. Període amb dos forns. Període a ple rendiment

A la Taula 5 es mostren les unitats de dioxines observades, les mateixes que les de la Taula 3, on s'han posat en colors diferents les correspondències amb les activitats de la incineradora. No s'aprecia cap diferència temporal significativa. Si es comparen les unitats de la primera campanya (durant bona part del temps amb la incineradora aturada) amb les de la cinquena campanya (incineradora a ple rendiment) tampoc no s'observen diferències significatives, en tot cas els valors són més altes en el primer cas.



## DIOXINES EN SÒLS

A la Taula 6 es descriuen els punts de mostratge de les mostres de sòls. Aquests són propers a les estacions de mostratge d'aire.

Taula 6. Punts de mostratge de les mostres de sòls.

Lloc	Latitud	Longitud
Avinguda Roma	N41°23.117'	E2°09.245'
Sant Andreu	N41°26.083'	E2°11.489'
Escola Catalunya	N41°25.464'	E2°13.641'
Poliesportiu La Mina	N41°25.155'	E2°13.408'
Cap Besós	N41°24.904'	E2°12.866'
Museu Blau	N41°24.727'	E2°13.102'
Garcia Faria	N41°24.360	E2°13.035'

Els resultats de les anàlisis de dioxines en els sòls es descriuen a la taula 7. En aquest cas, el marge d'unitats trobades, 1.3-9.0 pg/g WHO-TEQ (n = 7), és comparable al trobat en estudis anteriors però recents en la mateixa zona.

Taula 7. Unitats de dioxines en les mostres de sòls recollides en zones properes a cada estació de mostratge d'aire. Unitats en pg/g WHO-TEQ.

Museu Blau	1.6
Garcia Faria	1.4
CAP Besos	4.9
Urgell	1.3
Poliesportiu la Mina	9.0
Escola Catalunya	9.0
Biblioteca Can Fabra	1.9

Així, en l'estudi de Domingo et al (2015), s'observà un marge de 0.4-11 pg/g WHO-TEQ (n = 3), a l'estudi de Domingo et al (2017) s'observà un marge de 0.36- 0.62 pg/g WHO-TEQ (n = 3) i a l'estudi de Domingo i Nadal (2015) el marge trobat fou de 0.22-67 pg/g WHO-TEQ (n = 12). En aquest darrer estudi destacava una mostra que tenia una distribució de dioxines típica de fangs de depuradora, 67 pg/g WHO-TEQ. Si en la comparació s'excloïa aquesta mostra, s'observa un marge de 0.22-5.4 pg/g WHO-TEQ que és comparable al trobat en el present estudi.

Si es compara amb altres llocs del món, les unitats de dioxines en la zona estudiada són comparables a les trobades en altres zones urbanes (Taula 8).

Taula 8. Unitats de dioxines en sòls de diferents àrees urbanes

Source	Source data available TEF for TEQ calculation/recalculation?	Imputed value for non-detect	Mean TEQ (ng/kg)	Median TEQ (ng/kg)	Minimum TEQ (ng/kg)	Maximum TEQ (ng/kg)
USEPA Midwest Soil Screening Survey (USEPA, 1985) <sup>a</sup>	YES	2006 WHO NR	TCDD-only: 56.6 All congeners: 51.2	TCDD-only: 28.0 All congeners: 48.4	TCDD-only: 3.0 All congeners: 4.1	TCDD-only: 170.0 All congeners: 112.0
USEPA Columbus, Ohio (USEPA, 1996) <sup>a</sup>	YES	2006 WHO NR	20.2	9.2	3.0	64.0
Washington State Department of Ecology study (WDE, 2011b)	YES	2006 WHO DL/2	19.2	12.0	1.7	120
Denver, CO soil survey (USEPA, 2002) <sup>a</sup>	YES	2006 WHO DL/2	13.1	4.4	0.2	145.7
Midwest and Ontario Soil Survey (Birmingham, 1990)	NO	1989 USEPA DL/2	9.4	1.2	0.1	78.5
University of Michigan Dioxin Exposure Study (Demond et al., 2008) (surface soil)	NO	2006 WHO DL/2	6.9	3.6	0.4	186.2
TCEQ Texas Soil Survey (TCEQ, 1997) <sup>a</sup>	YES	2006 WHO Full MPC	6.7	6.7 <sup>a</sup>	6.2	7.2
Washington State Department of Ecology study (WDE, 2010) <sup>a</sup>	YES	2006 WHO DL/2	4.2	2.0	0.7	21.0
USEPA Midwest Soil Screening Survey - Henry, IL and Middleton, OH (USEPA, 1985) <sup>a</sup>	YES	2006 WHO NR	TCDD-only: 2.0 All congeners: 4.1	TCDD-only: 2.0 All congeners: 3.3	TCDD-only: 1.0 All congeners: 2.2	TCDD-only: 5.0 All congeners: 7.6
NH campus soil survey in Bethesda, MD (NIH, 1995)	NO	1998 WHO Zero	2.2	NR	NR	NR
Survey of Midwestern and Mid-Atlantic Cities (Nestrick et al., 1986)	YES	TCDD only Full DL	2.2	0.9	0.2	9.4
University of Utah (RMCOEH, undated)	NO	1998 WHO DL/2	1.3	0.9	0.3	4.5

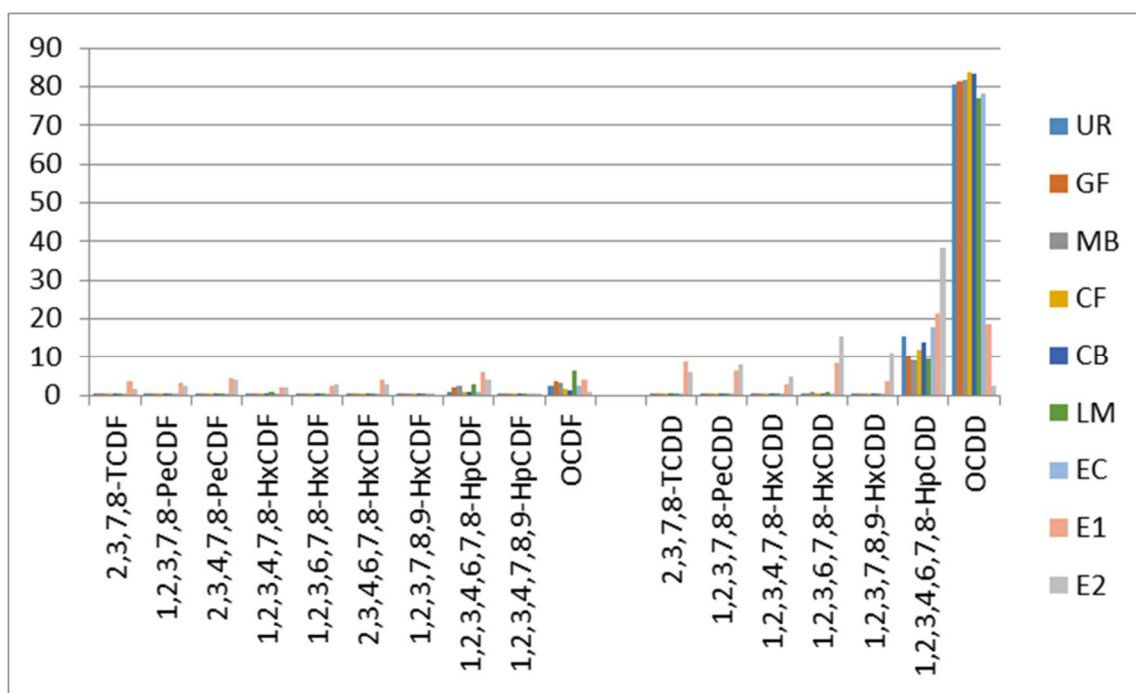


Figura 12. Comparació de les distribucions de congèners de policlorodibenzodioxines i policlorodibenzofurans en les mostres de sòls estudiades amb les distribucions característiques d'emissions pirolítiques (mostres E1 i E2). UR: Cruïlla Avinguda Roma amb Carrer Urgell. GF: Carrer Garcia Faria. MB: Museu Blau. CF: Biblioteca Can Fabra. CB: CAP Besòs. LM: Poliesportiu La Mina. EC: Escola Catalunya.

No es disposa de legislació catalana, espanyola o europea respecte els límits de dioxines i furans a partir dels quals cal intervenir. Tanmateix, existeixen alguns països amb legislació pròpia que sí que els defineixen. Alemanya estableix que els sòls amb finalitats agrícoles no poden superar els 5 pg/g WHO-TEQ mentre que els sòls

residencials i industrials el llindar ha d'estar en 1 i 100 pg/g WHO -TEQ, respectivament. Suïssa estableix, un nivell guia de 5 pg/g WHO -TEQ per un sòl amb qualsevol ús, i un nivell de 20 pg/g WHO -TEQ per sòls amb usos agrícoles.

En qualsevol cas, si s'observa la distribució de congèners de policlorodibenzodioxines i policlorodibenzofurans d'aquestes mostres de sòls (Figura 12), el domini tan elevat de l'octaclorodibenzodioxina indica que les distribucions de les mescles d'aquests compostos no corresponen a orígens relacionats amb incineració sinó amb distribucions típiques de fangs de depuradora. Donat que a l'Estat Espanyol la major part d'aquests fangs s'utilitzen com a adob, és bastant factible que la presència d'aquestes mescles de dioxines trobades en els sòls estudiats reflecteixi aquest origen.

## METALLS EN SÒLS

A la Taula 9 es descriuen els resultats de les anàlisis de metalls en els sòls mostrejats a zones properes a cada punt de mostratge. Les concentracions observades són inferiors als indicats per l'Agència de Residus de Catalunya com a referència per la protecció de la salut humana per a sòls urbans en quasi tots els casos. Aquests valors també s'indiquen a la Taula 9.

Són excepcions les concentracions de plom a Can Fabra, (62 ppm), Museu Blau (61 ppm), Cap Besòs (100 ppm), Poliesportiu Besòs (110 ppm) que tenen concentracions més altes que les de referència (60 ppm). Donat que el plom a les ciutats ha estat molt associat a les emissions de cotxes quan la gasolina portava derivats d'aquest metall, sembla probable que les concentracions més altes que la referència estiguin encara relacionades amb l'ús de cotxes que anaven amb gasolina amb plom.

Hi ha un altre cas de no compliment que és la concentració d'antimoni a la mostra Garcia Faria (6.2 ppm) que està una mica per sobre del nivell de referència (6 ppm). En aquest cas sembla ésser un problema específic d'aquest punt perquè la concentració d'aquest metall destaca entre tots els altres estudiats (1-3 ppm). En aquest sentit, aquest punt també és caracteritzat per una concentració més alta de coure (240 ppm) que el altres (38-72 ppm). Tots aquests valors de coure són inferiors al de referència per un sòl urbà (310 ppm) però la concentració més alta en aquest punt específic fa pensar si hi ha hagut algun tractament amb plaguicides que utilitzés coure i potser antimoni.



Taula 9. Concentracions de la composició de metalls en sòls propers a les estacions de control.

	Can Fabra ppm	Urgell ppm	Garcia F ppm	Museu Blau ppm	Esc Cat ppm	CAP Besos ppm	Poliesp B ppm	Valors Ref Ppm
<b>Li</b>	31	28	19	38	36	37	28	
<b>Be</b>	1.3	1.6	0.78	1.1	1.6	1.2	1.1	40
<b>B</b>	17	33	6.3	7.3	9.1	20	3.2	
<b>Sc</b>	7.9	7.6	4.4	10	8.0	9.0	6.3	
<b>Ti</b>	2700	2400	1600	3400	2500	2700	1800	
<b>V</b>	58	49	35	75	61	64	45	190
<b>Cr</b>	45	26	50	40	49	45	39	1000
<b>Mn</b>	500	500	390	640	540	620	460	
<b>Co</b>	7.4	5.9	4.5	9.3	8.0	8.6	6.6	45
<b>Ni</b>	26	11	21	18	26	21	19	470
<b>Cu</b>	72	38	240	42	49	57	54	310
<b>Zn</b>	160	150	230	180	180	250	220	
<b>Ga</b>	10	11	7.6	11	11	12	9.0	
<b>Ge</b>	1.4	1.5	1.1	1.5	1.5	1.4	1.2	
<b>As</b>	7.1	4.2	5.2	8.7	9.9	9.8	10	30
<b>Se</b>	1.1	0.97	0.47	0.82	1.0	1.0	0.89	7
<b>Rb</b>	85	82	55	83	87	93	81	
<b>Sr</b>	170	240	190	230	160	190	190	
<b>Y</b>	19	22	13	22	19	24	17	
<b>Zr</b>	42	42	28	47	47	56	44	
<b>Nb</b>	9.0	9.6	5.7	12	8.7	9.8	4.8	
<b>Mo</b>	0.91	0.76	2.85	0.96	0.88	0.65	0.83	7
<b>Cd</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.5
<b>Sn</b>	5.7	4.5	13.5	6.4	4.5	5.7	7.2	1000
<b>Sb</b>	1.8	1.0	6.2	3.0	1.4	2.3	1.9	6
<b>Cs</b>	3.3	3.4	2.2	3.8	4.3	4.5	3.4	
<b>Ba</b>	480	460	420	540	480	590	620	880
<b>La</b>	30	38	39	27	31	39	30	
<b>Ce</b>	61	73	67	59	65	85	62	
<b>Pr</b>	7.1	9.0	8.8	6.5	7.4	9.2	7.0	
<b>Nd</b>	24	29	27	22	25	30	23	
<b>Sm</b>	5.2	6.3	4.9	5.2	5.4	6.6	4.9	
<b>Eu</b>	0.98	1.0	0.0	1.1	1.0	1.2	0.91	
<b>Gd</b>	4.7	5.6	4.0	4.9	4.8	5.9	4.2	
<b>Tb</b>	0.18	0.70	0.00	0.23	0.59	0.74	0.19	
<b>Dy</b>	3.9	4.4	2.7	4.2	3.7	4.7	3.3	
<b>Ho</b>	0.80	0.91	0.00	0.88	0.78	0.97	0.69	
<b>Er</b>	2.2	2.5	1.5	2.5	2.2	2.7	1.9	
<b>Tm</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
<b>Yb</b>	2.1	2.3	1.4	2.2	2.0	2.4	1.8	
<b>Lu</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
<b>Hf</b>	2.0	2.2	1.3	2.0	2.0	2.5	2.1	
<b>Ta</b>	0.20	0.97	0.0	0.47	0.23	0.0	0.0	
<b>W</b>	3.0	5.5	2.4	40	1.2	1.6	1.2	
<b>Tl</b>	0.17	0.16	0.0	0.0	0.16	0.0	0.0	4.5
<b>Pb</b>	63	32	58	61	51	100	110	60
<b>Bi</b>	0.53	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
<b>Th</b>	11	16	18	8.5	12	14	14	
<b>U</b>	1.8	2.4	1.3	1.7	2.0	2.2	2.2	

## CONCLUSIONS

Les unitats de dioxines en aire observades en aquest estudi són molt baixes, en el marge de 4-10 fg/m<sup>3</sup> WHO-TEQs. Aquests nivells corresponen al marge dels valors més baixos descrits a la literatura.

La comparació de les unitats entre mostres agafades a la zona del Besòs, a Sant Andreu o a la zona de referència de trànsit de Barcelona, no mostra cap increment atribuïble a la incineradora del Besòs.

La comparació de les diferències temporals entre campanyes de mostratge, quan la incineradora estava aturada, treballant a poc rendiment o a ple rendiment, tampoc no mostra cap diferència que sigui atribuïble a emissions d'aquesta planta.

En sòls, els nivells són comparables als trobats en els estudis del Laboratori de Toxicologia i Salut Ambiental de la Facultat de Medicina de la Universitat Rovira i Virgili. No hi ha similitud en la comparació dels congèneres de dioxines i furans de l'emissió de la incineradora del Besòs i els identificats en sòls, que s'assemblen als descrits en fangs de depuradora.

Els resultats de metalls mostren concentracions més altes de plom en diverses mostres que les legislades per sòls de tipus urbà. Donat que aquest metall ha estat relacionat amb les emissions de cotxes de gasolina en el passat, és possible que aquestes concentracions en excés reflecteixin la influència del trànsit.

A la vista d'aquests resultats, es proposa prendre la resta de mostres durant els pitjors escenaris a nivell de dispersió, que corresponen a l'hivern. Es proposa continuar l'estudi en l'època de gener a març perquè els resultats es podran comparar millor amb els mostres efectuat amb els estudis previs obtinguts en els estudis del Laboratori de Toxicologia esmentat anteriorment.

## BIBLIOGRAFIA

- Abad E, Martínez K, Gustems L, Gómez R, Guinart X, Hernández I, Rivera J (2007) Ten years measuring PCDDs/PCDFs in ambient air of Catalonia (Spain). *Chemosphere* 67, 1709–1714
- Álvarez-Ayuso E, García-Sánchez, A, Querol X, Moyano A (2008) Health risks for the population living in the vicinity of an Integrated Waste Management Facility: Screening environmental pollutants. *Chemosphere* 73, 1240-1246.
- Assunção JV, Pesquero CR, Bruns RE, Carvalho LRF (2005) Dioxins and furans in the atmosphere of Sao Paulo city, Brazil. *Chemosphere* 58, 1391–1398
- Birmingham B. (1990) Analysis of PCDD and PCDF patterns in soil samples: use in the estimation of the risk of exposure. *Chemosphere* 20, 807–14.
- Chang MB, Weng YM, Lee TY, Chen YW, Chang SH, Chi KH (2003) Sampling and analysis of ambient dioxins in northern Taiwan. *Chemosphere* 51, 1103–1110
- Choi S, Baek S, Chang Y (2008) Atmospheric levels and distribution of dioxin-like polychlorinated biphenyls (PCBs) and polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in the vicinity of an iron and steel making plant. *Atmos Environ* 42, 2479–2488
- Coleman PJ, Lee RGM, Alcock RE, Jones KC (1997) Observations on PAH, PCB and PCDD/F trends in UK urban air, 1991–1995. *Environ Sci Technol* 31, 2120–2124
- Correa O, Rifai H, Raun L, Suarez M, Koenig L (2004) Concentrations and vapor–particle partitioning of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans in ambient air of Houston, TX. *Atmos Environ* 38, 6687–6699
- Demond A, Adriaens P, Towey T, Chang SC, Hong B, Chen Q, et al. (2008) Statistical comparison of residential soil concentrations of PCDDs, PCDFs, and PCBs from two communities in Michigan. *Environ Sci Technol* 42, 5441–5448.
- Ding Lei, Li YingMing, Wang Pu, Li XiaoMin, Zhao ZongShan, Ruan Ting, Zhang QingHua (2013) Spatial concentration, congener profiles and inhalation risk assessment of PCDD/Fs and PCBs in the atmosphere of Tianjin, China. *Chinese Sci Bull* 58, 971-978.
- Domingo JL, Nadal M (2015) Monitorització de dioxines i furans en mostres d'aire i sòls recollides a les rodalies de la planta integral de valorització de residus de Sant Adrià del Besòs i avaluació dels riscos per a la salut. *Tecnotox*. 56 p.
- Domingo JL, Rovira J, Nadal M, Schuhmacher M (2017) High cancer risks by exposure to PCDD/Fs in the neighborhood of an integrated waste management facility. *Sci. Total Environ*. 607-608, 63-68.
- Domingo JL, Rovira J, Vilavert L, Nadal M, Figueras MJ, Schuhmacher M (2015) Health risks for the population living in the vicinity of an Integrated Waste Management Facility: Screening environmental pollutants. *Sci. Total Environ*. 518-519, 363-370.
- Government of Japan (2005) Information Brochure Dioxins <http://www.env.go.jp/en/chemi/dioxins/brochure2005.pdf>
- Huang Chun-Jen, Chen Kang-Shin, Lai Yi-Chieh, Wang Lin-Chi, Chang-Chien Guo-Ping (2011) Characterization of atmospheric dry deposition of polychlorinated dibenzo-p-dioxins/dibenzofuran in a rural area of Taiwan. *Aerosol Air Qual Res* 11, 448-459.
- Kouimtzi TH, Samara C, Voutsas D, Balafoutis CH, Müller L (2002) PCDD/Fs and PCBs in air borne particulate matter of the greater Thessaloniki area. *N Greece Chemosphere* 47, 193–205
- Li Y, Jiang G, Wang Y, Cai Z, Zhang Q (2008a) Concentrations, profiles and gas–particle partitioning of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans in the ambient air of Beijing, China. *Atmosph Environ* 42, 2037–2047



- Li YM, Jiang GB, Wang YW, Wang P, Zhang QH (2008b) Concentrations, profiles and gas-particle partitioning of PCDD/Fs, PCBs and PBDEs in the ambient air of an E-waste dismantling area, southeast China. *Chin Sci Bull* 53, 521–528
- Li Y, Wang P, Ding L, Li X, Wang T, Zhang Q, Yang H, Jiang G, Wei F (2010) Atmospheric distribution of polychlorinated dibenzo-p- dioxins, dibenzofurans and dioxin-like polychlorinated biphenyls around a steel plant area, Northeast China. *Chemosphere* 79, 253–258
- Lohmann R, Harner T, Thomas GO, Jones KC (2000) A comparative study of the gas particle partitioning of PCDD/Fs, PCBs and PAHs. *Environ Sci Technol* 34, 4943–4951
- Mandalakis M, Tsapakis M, Tsoga A, Stephanou EG (2002) Gas–particle concentrations and distribution of aliphatic hydrocarbons, PAHs, PCBs and PCDD/Fs in the atmosphere of Athens (Greece). *Atmos Environ* 36, 4023–4035
- Martinez K, Abad E, Rivera J (2006) Surveillance programme on dioxin levels in soils in the Campo de Gibraltar (Southwest Spain). *Chemosphere* 65, 382–389.
- NIH (National Institutes of Health) (1995). Expert Panel: Report on the impact and assessment of medical and pathological waste incineration on the Bethesda, Maryland, campus of the National Institutes of Health. Report produced for NIH by EEI, Alexandria, Virginia.
- Nestrick TJ, Lamparski LL, Frawley NN, Hummel RA, Kocher CW, Mahle NH, et al. (1986) Perspectives of a large scale environmental survey for chlorinated dioxins: overview and soil data. *Chemosphere* 15, 1453–60.
- Parera J, Aristizabal BH, Martrat MG, Adrados MA, Sauló J, Ábalos M, Abad E (2018) Long-term monitoring programme of polychlorinated dioxins and polychlorinated furans in ambient air of Catalonia, Spain (1994–2015). *Sci. Total Environ.* 633, 738–744.
- Park JS, Kim JG (2002) Regional measurements of PCDD/PCDF concentrations in Korean atmosphere and comparison with gas particle partitioning models. *Chemosphere* 49, 755–764
- RMCOEH (Rocky Mountain Center for Occupational and Environmental Health). A comparison of dioxin levels found in residential soils of Davis County, Utah with those found in residential soils in the Denver Front Range. Rocky Mountain Center for Occupational and Environmental Health, Department of Family and Preventive Medicine. University of Utah. Undated;pp.1-20.
- Sin DW, Choi JY, Louie PK (2002) A study of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans in the atmosphere of Hong Kong. *Chemosphere* 47, 647–653
- TCEQ (Texas Commission of Environmental Quality) (1996). Toxicological evaluation of the results of soil sampling for dioxins/furans in the vicinity of five municipal/Medical waste incinerators. Amarillo, Terrell, Center, Pearland, and Galveston. Sampling conducted December 2–8, 1996. Interoffice Memorandum; 1997. [July 7].
- USEPA (U.S. Environmental Protection Agency). Soil screening survey at fourMidwestern sites. Westlake, Ohio: Region V. Environmental Services Division, Eastern District Office; 1985 [EPA-905/4-805-005, June].
- USEPA (U.S. Environmental Protection Agency). Columbus waste-to-energy municipal incinerator dioxin soil sampling project. Chicago, Illinois: U.S. EPA, Region 5; 1996 [April].
- USEPA (U.S. Environmental Protection Agency). Denver front range study of dioxins in surface soil. Summary Report. EPA Region 8; 2002 [125 pp. July].
- WDE (Washington State Department of Ecology). Natural background for dioxins/furans in WA soils — technical memorandum #8. Publication No. 10-09-053; 2010 [August].
- WDE (Washington State Department of Ecology). Urban Seattle Area Soil Dioxin and PAH concentrations initial summary report. Publication No. 11-09-049; 2011 [September].



Yu LP, Mai BX, Meng XZ, Bi XH, Sheng-Fu JM, Peng PA (2006) Particle-bound polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans in the atmosphere of Guangzhou, China. Atmos Environ 40, 96–108